

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

V — скорость резания; м/мин или м/с

S — подача; S_0 — мм/об; S_M — мм/мин; S_Z — мм/зуб

n — частота вращения, мин⁻¹

t — глубина резания, мм

T — стойкость инструмента, мин

P — сила резания; нагрузка, Н

P_x, P_y, P_z — составляющие силы резания, Н

R — результирующая действующих сил, Н

N — сила резания, действующая по нормали к поверхности, Н

N_3 — мощность резания, кВт

БР сталь — быстрорежущая сталь

ТС — твердый сплав

БВТС — безвольфрамовый твердый сплав

РК — режущая керамика

МНТП — многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластины

СТМ — сверхтвердые инструментальные материалы (СА и КНБ)

СА — синтетический алмаз

КНБ — кубический нитрид бора

Эльбор, баразон, кубанит, бельбор и пр. — торговые марки КНБ

СOTC — смазочно-охлаждающие технологические средства

СOTЖ — смазочно-охлаждающие технологические жидкости

ТС — твердая смазка

ТП — технологический процесс

САПР — система автоматизированного проектирования

Инструмент — средство достижения цели.

Энциклопедический словарь
Русского библиографического института
«Гранат». — 7-е изд., доп. — Москва, 1904

ПРЕДИСЛОВИЕ

На протяжении тысячи лет начальной истории становления общества человек боролся за биологическое выживание. При этом формировалась повседневная хозяйственная деятельность, вырабатывались трудовые навыки и изготавливались простейшие орудия труда — инструменты. Возникали также и начала эмпирического познания. В первый исторический период каменного века, палеолит (вплоть до XX тыс. до н. э.), первобытный человек изготавливал инструменты (орудия труда), различного рода рубила и скребки из камня путем скальвания и обивания. Эти же рубила, прикрепленные кожаными ремнями к палке, становились уже топорами. В мезолите (XX—IV тыс. до н. э.) появились лук и стрелы с каменными наконечниками (инструменты для ведения охоты и войн). Начиная с IV тыс. до н. э. (неолит) медные, а затем бронзовые орудия труда начали вытеснять каменные.

Для получения бронзы человек освоил добычу полезных ископаемых и создал металлургию. Бронза стала основным материалом для изготовления инструмента и оружия. Возникновение в IX—VII вв. до н. э. металлургии железа, а затем способов получения стали привело к окончательному вытеснению каменных, медных и бронзовых орудий труда из быта. При этом появились оросительные сооружения, морские суда, транспортные средства, сформировались основные виды ремесел.

Уже в Средние века изменения в технике привели к совершенствованию технологии производства, а затем вызвали изменения производственных отношений. Ремесленники объединялись в цехи с разделением на отдельные профессии.

Потребности техники, механики и астрономии привели к развитию алгебры (С. Ферро, Дж. Кардано). В XVII в. Д. Непер и И. Бюрги открыли логарифмы. Основы метода координат в геометрии были созданы Р. Декартом, вопросы исчисления бесконечно малых величин разрабатывали П. Ферма, Р. Декарт, Б. Кавальерн.

Одним из итогов научной революции стало формирование в конце XVIII в. теоретической механики, ставшей позднее теоретической основой создания машин и механизмов в технике. Основные принципы механики — понятие работы, кинематика, динамика системы материальных точек, закон сохранения и превращения энергии и др. — были разработаны Ж. Л. Лагранжем, К. Г. Якоби, Г. Г. Кориолисом и др. Одновременно во Франции сформировалось направление — прикладная механика. В нее внесли большой вклад Г. Монж, С. Карно и др., позднее Р. Виллис и П. Л. Чебышев.

Термодинамика возникла из теоретического осмысления тепловых явлений (Ж. Фурье, С. Карно и Б. Клапейрон). В 1840-х гг. забытая идея М. В. Ломоносова о связи теплоты с движением частиц вещества получила математическую формулировку в виде закона сохранения и превращения энергии (Р. Майер, Дж. Джоуль).

Бурное развитие фундаментальной науки привело к созданию системы технических наук и развитию техники во второй половине XIX — XX вв. При этом области знания, которыми занимается фундаментальная наука, сузились и частично перешли к техническому знанию.

Техника производства машин. Машиностроение

Во второй половине XVIII в. машиностроение стало формироваться в самостоятельную отрасль индустрии.

Целью машиностроения является создание новой техники для всех отраслей народного хозяйства. Машиностроительное производство определяет в целом уровень развития техники и одновременно является результатом ее развития.

В ходе промышленной революции в конце XVIII в. возникла потребность в изготовлении большого количества точных и однотипных деталей. Это явилось причиной появления рабочих машин (станков) в машиностроении (А. К. Нартов, Г. Модсли и др. [35, 36]). Постоянно шло усовершенствование станков. Они стали работать непрерывно и могли изготавливать одинаково точно детали различной величины. Стала развиваться наука о резании металлов. Одним из первых исследователей был профессор И. А. Тиме. Он создал наиболее полные и обширные труды по теории резания, которые были опубликованы в 1870 г. И. А. Тиме дал теоретическое обоснование процесса стружкообразования, классифицировал типы стружек на элементную, суставчатую, сливную и с надломами. Эта классификация существует и сегодня. Он дал также описание явления усадки стружки, вывел формулу силы резания, ввел понятие угла скальвания стружки и определил его зависимость от переднего угла режущей части инструмента [16, 28, 35].

Дальнейшее развитие теория резания и физические процессы, происходящие при стружкообразовании, получили в трудах русских ученых К. А. Зворыкина, Я. Л. Гавриленко, Я. Г. Усачева, П. А. Афанасьева, А. В. Гадолина и др. [19, 23, 25, 28, 35, 43, 48].

В этот период значительно увеличился ассортимент используемых в машиностроении материалов — от легких сплавов до специальных жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов с высокими механическими свойствами.

Совершенствование станков и появление большого количества различных материалов для изготовления деталей машин сопровождалось разработками новых инструментальных материалов и конструкций режущего инструмента.

Режущие инструменты работают в условиях больших силовых нагрузок, высоких температур и трения, в связи с этим эффективность работы инструментов зависит от особых физико-механических свойств инструментальных материалов и определенных требований, связанных с условиями протекания

процесса резания, технологическими особенностями вида обработки, свойствами и состоянием обрабатываемого материала.

Необходимо отметить, что любой, самый совершенный станок, в том числе и 3-, 4- и 5-координатные станки с ЧПУ, без качественного инструмента представляют собой «массу металла». Производительность, точность и качество обработки зависят как от точности оборудования, так и от работоспособности режущего инструмента.

Работоспособность режущего инструмента зависит от материала его режущей части, ее геометрии и режимов резания. Сегодня в качестве материалов для режущей части инструмента применяются различные инструментальные стали (углеродистые, легированные, быстрорежущие), твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвёрдые материалы (алмаз и кубический нитрид бора) и др. Начиная с конца XX в. все шире используется нанесение различных покрытий на режущую поверхность инструмента с целью повышения его твердости и работоспособности в целом.

Огромный вклад в развитие науки и практики разработки конструкций режущего инструмента, его совершенствование и повышение эффективности эксплуатации внесли отечественные ученые, профессора В. А. Аршинов, В. П. Астахов, И. М. Беспрозванный, В. Ф. Бобров, С. А. Васин, А. С. Верещака, Г. И. Грановский, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Е. Древаль, С. Г. Емельянов, А. Ф. Ерофеев, С. Ю. Илюхин, Г. Н. Кирсанов, Н. В. Колесов, М. Н. Ларин, С. И. Лашнев, А. Р. Маслов, В. М. Матюшин, С. Н. Медведицков, С. С. Петрухин, В. Н. Подураев, В. Б. Протасьев, П. Р. Родин, С. С. Силин, В. К. Старков, Н. В. Талантов, В. П. Табаков, О. В. Таратынов, А. С. Тарапанов, И. П. Третьяков, М. В. Ушаков, Г. Р. Фрезеров, В. Г. Шаламов, Н. А. Шевченко и др.

Первый специализированный инструментальный завод в России был основан в 1916 г. в г. Миасс Челябинской области. До 1990 г. в СССР было 58 специализированных инструментальных заводов. После распада СССР в России осталось только 28 заводов. Сегодня положение усугубляется тем, что многие специализированные предприятия по изготовлению режущего и мерительного инструмента в России, также как и станкостроительные, в ходе реформирования государственного политического строя прекратили свое существование.

В настоящее время на рынке преобладает в основном импортный инструмент, который не всегда соответствует качеству и работоспособности, заявленной в рекламе. К этому следует добавить, что, как правило, импортный инструмент хорошего качества значительно дороже отечественного. Кроме того, многие зарубежные фирмы поставляют режущий инструмент с уже нанесенными износостойкими покрытиями (как правило, нитрид титана TiN), что еще более (иногда до двух раз) увеличивает его стоимость. При этом такое покрытие не всегда дает кратный прирост периода стойкости инструмента при обработке конкретной заготовки на конкретной операции. Таким образом, цена инструмента нередко не окупается.

К основным зарубежным фирмам, которые поставляют режущий инструмент на рынок России, можно отнести (в алфавитном порядке): Hitachi, Hertel, Iskar, Kennametal, Karloy, Kyocera, Mitsubishi, NTK, Sandvik (в том числе Sandvik — MKTC), Seko, Sumitomi, Toshiba, Valentine, Walter, Widia. При этом на фирму Sandvik приходится около 25% поставок импортного режущего инструмента.

За последние 10 лет значительно увеличились поставки различного режущего инструмента из КНР — до 50%. Это быстрорежущий инструмент, твердосплавной, из керамики, а также на основе сверхтвердых материалов (СТМ) — алмаз и эльбор.

В современном машиностроении основным технологическим процессом, обеспечивающим изготовление деталей заданной точности (форма, размеры, взаимное расположение поверхностей) и состояние (качество) поверхностного слоя, является обработка резанием со снятием стружки, т. е. механическая обработка, включающая в себя обработку лезвийным и абразивным инструментами. Несмотря на совершенствование технологий и методов получения заготовок, их удешевление, уменьшение величины припусков под следующую механическую обработку, развитие электрохимических, электрофизических и других методов обработки [3, 30, 75, 78], относительный объем механической обработки за последние годы уменьшился незначительно.

Изготовление деталей резанием — один из самых старых технологических процессов, который применяется для окончательной обработки заготовок, получаемых литьем, ковкой, штамповкой, порошковой металлургией, с использованием аддитивных технологий и пр.

Большое многообразие обрабатываемых материалов и видов заготовок, методов их механической обработки, инструментальных материалов и конструкций режущих инструментов, их геометрических параметров, применяемых СОТС, широкие диапазоны изменения режимов резания обуславливают неограниченное количество вариантов обработки.

В данном учебнике приведены конструкции и геометрические параметры основных типов лезвийного и абразивного режущих инструментов. Даны рекомендации по выбору режимов обработки с целью эффективного использования режущего инструмента.

Авторы постарались в относительно краткой форме обобщить теоретические основы по расчету и проектированию режущего инструмента и опыт промышленности, изложенные в трудах, перечисленных выше, ученых и практиков, а также результаты собственных работ в этом направлении.

Авторы выражают искреннюю благодарность профессору В. Ф. Макарову и доценту В. Г. Юрьеву за ценные замечания и помочь в работе над рукописью данного учебника, а также профессорам В. В. Максарову и М. Т. Коротких, взявших на себя труд по рецензированию учебника и сделавших целый ряд замечаний и предложений, которые были учтены при доработке рукописи учебника.

Глава 1

СОВРЕМЕННЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. Требования, предъявляемые к инструментальным материалам

Общий прогресс в машиностроении и металлообработке тесно связан с развитием конструкции режущего инструмента и совершенствованием инструментального материала.

Инструментальными режущими называются материалы, из которых изготавливается рабочая часть режущих инструментов. Свойства инструментального материала существенно сказываются на процессе стружкообразования и оказывают решающее влияние на режущие свойства инструмента и достижимый уровень скоростей резания.

Эффективное резание одного материала другим возможно при удовлетворении следующих требований.

1. Инструментальный материал должен обладать прочностью, достаточной для того, чтобы режущий инструмент противостоял без хрупкого разрушения («скола») нагрузкам, возникающим и действующим на него при резании обрабатываемого материала.

2. Обладая достаточной способностью противостоять хрупкому разрушению, инструментальный материал должен, в то же время, обеспечивать достаточную формоустойчивость режущей части инструмента, т. е. способность не менять под действием возникающих при резании нагрузок сколько-нибудь существенно форму, приданную ей заточкой. Последнее предполагает наличие у инструментального материала достаточной вязкой прочности.

3. При достаточной хрупкой и вязкой прочности инструментальный режущий материал должен обладать также высокой износостойчивостью, т. е. способностью противостоять удалению с рабочей поверхности инструмента мелких частиц отходящей стружкой и обрабатываемой поверхностью детали. Инструментальный материал удовлетворяет указанным требованиям, если ему присущи: высокая твердость, значительно превышающая твердость обрабатываемого материала, способность длительно сохранять твердость при нагреве, т. е. теплостойкость и достаточная прочность на сжатие, изгиб и срез. Важной является также способность не разрушаться под действием так называемых тепловых ударов, т. е. многократно повторяющихся резких изменений температуры. Одновременно необходимо учитывать технологические свойства материала, т. е. свойства, которые оказывают влияние на его способность подвергаться обработке на различных операциях технологического процесса изготовления режущих инструментов.

Для инструментальных материалов понятие производительности следует дифференцировать. При оптимизации свойств инструментальных материалов

следует принимать во внимание не только режущую способность, но и рассматривать в комплексе ряд критериев, оказывающих влияние на производственный процесс. В качестве основных указываются следующие: низкая интенсивность износа, высокая стойкость при одновременном обеспечении качества, стабильность износа (низкая вариация стойкости).

Использование заготовок с минимальными припусками и необходимость обработки закаленных материалов выдвигает новые задачи, связанные с обеспечением требуемой точности размеров и геометрической формы изделий, а также повышением качества их поверхности. Для выполнения подобных операций инструментальные материалы должны обеспечивать высокую прочность режущей кромки и основы, износостойкость и низкую вариацию стойкости.

Качество и эффективность использования металлорежущего инструмента зависят от следующих основных факторов:

- выбора оптимальных конструкций и геометрических параметров его режущей части;
- правильного выбора материала режущей части инструмента;
- применения рациональной технологии его изготовления, в особенности технологии финишных (заточных) операций;
- применения различных методов упрочнений и покрытий, повышающих работоспособность режущей части инструмента;
- назначения рациональных режимов его эксплуатации;
- контроля состояния режущей части инструмента в процессе его эксплуатации.

Режущие инструменты работают в условиях воздействия сложного комплекса факторов, например высоких контактных напряжений и температур, а также в условиях активного протекания физико-химических процессов. Контактные напряжения, действующие на переднюю и заднюю поверхности инструмента при обработке различных материалов, могут колебаться от 700 до 4000 МПа. Одновременно в зоне резания и на границах контакта системы «инструмент — обрабатываемый материал» возникают температуры, значения которых изменяются от 200 до 1400°С. При этом контактные площадки инструмента интенсивно изнашиваются в условиях абразивного, адгезионно-усталостного, коррозионно-окислительного и диффузионного процессов. В этих условиях инструментальный материал должен также обладать достаточным запасом прочности при сжатии и изгибе, приложении ударных импульсов и знакопеременных напряжений.

Перечисленные свойства инструментальных материалов часто являются взаимоисключающими. Поэтому создание инструментального материала, обладающего идеальным комплексом указанных свойств в объеме однородного тела, в настоящее время пока не представляется возможным.

История развития металлообработки показывает, какое резкое повышение производительности труда было достигнуто при переходе от инструментальной

углеродистой и легированной инструментальной к быстрорежущей стали или от быстрорежущей стали к твердым сплавам.

В инструментальном производстве применяют следующие основные материалы:

- 1) инструментальные стали:
 - быстрорежущие (ГОСТ 19265-73);
 - легированные (ГОСТ 5950-2000);
 - углеродистые (ГОСТ 1435-99);
 - дисперсионно-твёрдеющие сплавы;
- 2) твердые спеченные сплавы (ГОСТ 3882-74);
- 3) минералокерамика (керметы);
- 4) алмазы (природные и искусственные);
- 5) сверхтвёрдые синтетические материалы (СТМ) — композиты.

На выбор материала влияют тип инструмента, его назначение, размеры и условия работы, а также технология изготовления инструмента.

Основные свойства отечественных инструментальных материалов приведены в таблице 1.1. В настоящее время в мировой практике нет общепринятой расшифровки инструментальных материалов, что затрудняет поиск соответствующих аналогов материалов у нас в стране и за рубежом [7, 12, 19, 25, 28, 40, 57, 65, 67, 72, 78].

1.2. Углеродистые стали

Номенклатура инструментальных материалов разнообразна. Раньше других материалов для изготовления режущих инструментов начали применять углеродистые инструментальные стали марок У7, У7А–У13, У13А. Помимо железа и углерода, эти стали содержат 0,2–0,4% марганца. Инструменты из углеродистых сталей обладают достаточной твердостью HRC 62–64, но теплостойкость их невелика, так как при сравнительно невысоких температурах (200–250°C) их твердость резко уменьшается.

Стали марок У7, У7А, У8, У8ГА, У9, У9А служат для изготовления зубил, ножниц и пил для резки металлов и дерева, резцов для обработки меди и ее сплавов.

Стали марок У8А и У10А применяются для производства пuhanсонов, матриц, ножниц и других деталей штампов.

Из стали марок У10А, У11, У11А, У12 и У12А выполняют сверла малого диаметра, метчики, развертки, плашки, фрезы малого диаметра, пилы по металлу, ножовочные полотна, зубила для насечки напильников.

Из стали марок У13 и У13А изготавливают инструменты особо высокой твердости: резцы, зубила для насечки напильников, шаберы, напильники и т. д.

Углеродистые стали поставляются в отожженном состоянии в виде горячекатанных, кованых или калиброванных прутков различного сечения или в виде полос.

Таблица 1.1

Механические, физические и режущие свойства инструментальных материалов (средние значения)

Группа материалов	Марка материала	Механические свойства			Ударная вязкость, Нм/см ²	Физические свойства		Режущие свойства			
		Твердость, HRA	Предел прочности, Н/см ²			Теплопроводность, м·град	Плотность, кг/см ³ ·10 ³	Тепло-стойкость, °C	Относительная величина скорости резания		
			изгиб	сжатие					сталь	чугун	
Инструментальная углеродистая сталь	У12А	80	3140	3920	–	63	7,8	220	0,5	0,5	
Инструментальная легированная сталь	9ХС ХВГ	80	3140	3920	–	41,8	7,7	220	0,6	0,6	
Быстрорежущая сталь	P18	82	3620	3720	8,72	21	8,7	600	1,0	1,0	
Вольфрамовые твердые сплавы	BK8 BK6	87,5 88,5	1370 1240	— 4900	5,88 5,88	58,7 63	14,6 14,8	850 900	— —	2,9 3,4	
Титано-вольфрамовые твердые сплавы	T5K5 T14K8 T15K6 T30K4	88,5 89,5 90 92	1174 1174 1126 882	— 2940 3930 —	— 2,94 2,45 —	33,5 29,3 29,3 21	12,7 11,7 11,3 9,6	900 900 950 1000	3,0 3,5 4,5 5,5	— — — —	
Минералокерамика	ЦМ-322	92	294 392	3430	0,784	16,7	3,9	1200	5,8	5,8	
КНБ	Эльбор гексанит	98 98	1500 н/д	н/д н/д	н/д н/д	н/д н/д	3,5 3,3	1200 900	8 8	8 8	
Синтетический алмаз	AC	100	3500	2000	н/д	н/д	3,5	800	—	6	

1.3. Легированные стали

Технологические свойства инструментальных сталей (а наряду с этим в равной мере и другие ее качества, в том числе: теплостойкость, твердость и вязкость) повышаются при добавлении в их состав одного или нескольких из следующих элементов: хрома, марганца, вольфрама, кремния и ванадия.

Инструментальные стали при наличии в их составе одного или нескольких из перечисленных элементов получили название легированных инструментальных сталей. Последние употребляются для изготовления режущих инструментов большого сечения, а также более сложных по форме, в частности, из них изготавливаются: сверла, развертки, фрезы, протяжки, метчики и круглые плашки, предназначенные для обработки нетвердых материалов (цветных металлов, малопрочных сталей и чугуна).

Химический состав наиболее распространенных легированных инструментальных сталей приведен в таблице 1.2, а основные физико-механические свойства в таблице 1.3.

Таблица 1.2

Химический состав некоторых марок инструментальных легированных сталей (%)

Марка стали	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Вольфрам	Ванадий
9ХФ	0,85	0,45	0,25	0,50	—	0,20
9ХС	0,90	0,45	1,40	1,10	—	—
ХВГ	1,00	0,90	0,25	0,85	1,40	—
9Х5Ф	0,95	0,25	0,25	5,00	—	0,25
Х6ВФ	1,10	0,25	0,25	6,20	1,30	0,55
3Х2В8Ф	0,35	0,25	0,25	2,50	8,20	0,35

Таблица 1.3

Нормы твердости легированной инструментальной стали

Марка стали	Сталь после закалки	
	Температура (°C) и среда закалки	Твердость, HRC (не менее)
9ХФ	850–880 — масло 820–840 — вода	60 60
9ХС	840–860 — масло	62
ХВГ	830–850 — масло	62
9Х5Ф	950–1000 — масло	59
Х6ВФ	1000 — масло	61
3Х2В8Ф	1075–1125 — масло	46

В зависимости от назначения и свойств инструментальные легированные стали подразделяют на две группы:

- 1) стали для производства режущего и мерительного инструмента;
- 2) стали для штампованного инструмента.

Стали первой группы делятся на:

- неглубокой прокаливаемости (7ХФ, 11Х, ХВ5, В1, Ф);

- глубокой прокаливаемости (Х, 9ХС, ХВГ, 9ХВГ, 9Х5ВФ).
Стали второй группы делятся на стали:
- для деформирования в холодном состоянии (9Х, X6ВФ, X12, X12M, X12M1);
- для деформирования в горячем состоянии (3Х2В8Ф, 7Х3, 5ХНМ, 5ХНСВ, 5ХГМ);
- для ударного инструмента (4ХС, 4ХВ2С, 6ХВ2С, 6ХВГ).

Легированные стали обладают, по сравнению с углеродистыми, повышенной вязкостью в закаленном состоянии, меньшей склонностью к деформациям и трещинам при закалке. Режущие свойства легированной стали примерно такие же, как и у углеродистых инструментальных. Они имеют низкую теплостойкость (200–250°C). Легированные инструментальные стали находят широкое применение для изготовления инструментов и технологической оснастки (приспособлений). Из легированной стали производят круглые и ленточные пилы, ножи для холодной резки металлов, пuhanсоны, керны, резцы и фрезы для обработки с небольшими скоростями резания твердых металлов, спиральные сверла, метчики, плашки, развертки, гребенки, протяжки.

1.4. Быстрорежущие стали

Быстрорежущей сталью называется сталь, содержащая в своем составе в качестве легирующих элементов вольфрам, хром, ванадий, молибден, образующие после термической обработки устойчивые карбиды. Кроме карбиообразующих элементов, в состав некоторых марок быстрорежущих сталей входит также кобальт.

Быстрорежущие стали нашли очень широкое применение для изготовления самых различных инструментов. Это объясняется их высокой, по сравнению с другими инструментальными сталями, теплостойкостью (600–650°C) и высокой твердостью после термообработки (HRC 62–66), у некоторых новых марок HRC 68–70. Быстрорежущие стали имеют самый высокий из всех инструментальных материалов предел прочности на изгиб $\sigma_b = 2800–3600$ МПа и самую высокую вязкость. Благодаря этому они успешно конкурируют с твердыми сплавами и даже превосходят их в условиях резания с сильными динамическими нагрузками и с большими сечениями среза.

Марки, химический состав и технические требования к быстрорежущим сталям регламентированы ГОСТ 19265-73. Химический состав основных марок быстрорежущих сталей приведен в таблице 1.4.

Быстрорежущие стали нормальной производительности — Р6М3, Р6М5, Р9, Р12 и др. — рекомендуется применять взамен стали Р18 для обработки конструкционных углеродистых и легированных сталей твердостью до 250 НВ, чугунов и цветных металлов. При правильной термической обработке этих быстрорежущих сталей (63–65 HRC) они обеспечивают одинаковую производительность со сталью Р18.

Быстрорежущие стали повышенной производительности — Р9К5, Р9К10, Р6М5К5 и др. — следует использовать для обработки труднообрабатываемых

материалов. Рекомендации по применению быстрорежущих сталей сведены в таблице 1.5 [7, 25, 57].

Таблица 1.4
Химический состав некоторых марок быстрорежущих сталей

Марка стали	Содержание химических элементов, %					
	W	Mo	V	Co	C	Cr
P6M5	6	5	1,7–2,1	—	0,80–0,88	3,0–3,5
P6M5K5	6	5	1,7–2,2	5	0,82–0,90	3,8–4,3
P9	9	До 1,0	2,0–2,6	—	0,85–0,95	3,8–4,4
P9K5	9	До 1,0	2,2–2,6	5	0,90–1,00	3,8–4,4
P18	18	До 1,0	1,0–1,4	—	0,70–0,80	3,8–4,4
P18K5Ф2	18	До 1,0	2,0	5	0,85–0,95	3,8–4,4

Таблица 1.5
Рекомендации по применению быстрорежущих сталей

Вид инструмента	Рекомендуемые марки быстрорежущих сталей
Резцы проходные, подрезные, расточные, автоматные	P6M5, P12, P9, P6M5K5, P9M4K8 (ЭП688), P9K5, P10K5Ф5, P10M4Ф3К10
Резцы отрезные канавочные	P6M5, P18, P9M4КФ (ЭП688), P10M4Ф3К10, P12Ф2К8М3 (ЭП657)
Резцы фасонные	P18, P9, P6M5, P9M4K8 (ЭП688), P6M5K5, P10K5Ф5, P12Ф2К8М3 (ЭП657)
Сверла спиральные и ступенчатые, зенковки, цековки	P12, P6M5, P6M5K5, P9K5, P9M4K8 (ЭП688)
Сверла центровочные диаметром до 5 мм включительно	P18
Сверла центровочные свыше 5 мм	P6M5
Зенкеры	P9, P12, P6M5, P9K5, P6M5K5, P9M4K8 (ЭП688)Ол
Развертки	P18, P12, P6M5, P9Ф5, P6M5K5, P10K5Ф5, P9M4K8 (ЭП688)
Метчики диаметром до M16 включительно	P18, P9M4K8 (ЭП688)
Метчики диаметром свыше M16	P6M5, P9K5, P9K10, P9M4K8 (ЭП688)
Фрезы острозаточные всех типов	P18, P6M5, P6M5K5
Фрезы фасонные затылованные	P18, P6M5, P18K5Ф, P9K10
Фрезы червячные	P18, P12, P9K5, P9K19, P6M5, P6M5K5, P9M4K8 (ЭП688)
Долбяки зуборезные	P18, P6M5, P6M5K5, P9K5, P9M4K8 (ЭП688)
Шаверы дисковые	P18, P6M5K5
Протяжки	P18, P6M5, P6M5K5, P9M4K8 (ЭП688), P12Ф2К8М3 (ЭП657)

По степени ухудшения шлифуемости быстрорежущие стали располагаются в следующем порядке: P18, P6M5, P6M5K5МП, P6M5Ф3МП, P6M5Ф3, P6M4K8, P6M5K10, P9K10, P9Ф5.

Для шлифования и заточки инструмента из быстрорежущих сталей рекомендуется использовать круги из кубического нитрида бора — КНБ (эльбора) марки ЛО, ЛКВ зернистостью 10–16 на керамической связке. Для высокоточного инструмента (протяжки, развертки и т. п.) при шлифовании и доводке ленточек рекомендуются круги из КНБ зернистостью 6–8 на органической связке.

В таблицах 1.6–1.14 приведены рекомендуемые режимы резания и геометрические параметры инструментов из быстрорежущих сталей применительно к девяти видам обработки:

- таблица 1.6 — при точении;
- таблица 1.7 — при торцевом фрезеровании;
- таблица 1.8 — при фрезеровании концевыми фрезами;
- таблица 1.9 — при работе дисковыми фрезами;
- таблица 1.10 — при сверлении;
- таблица 1.11 — при зенкеровании;
- таблица 1.12 — при резьбонарезании;
- таблица 1.13 — при развертывании;
- таблица 1.14 — при нарезании зубчатых колес червячными модульными фрезами.

Рекомендуемая величина переднего и заднего углов для конкретного обрабатываемого материала зависит от величины подачи. Так, с увеличением подачи передний угол следует увеличивать, а задний уменьшать на 1–3°.

Таблица 1.6
Геометрические параметры резцов и режимы резания при точении

Обрабатываемый материал		Геометрические параметры					Режимы резания							
группа	наименование	γ	α	γ_f	f	r	V , м/мин	S_o , мм/об	t , мм					
					мм	мм								
I	Сталь углеродистая. Сталь легированная	15°		0°			28–48	0,2– 0,8	До 1,0					
							22–42		До 2,5					
							19–42		До 5,0					
II	Сталь коррозионностойкая (нержавеющая) высокохромистая	10– 15°	10°	–3– 0°	0,1– 0,2	0,5– 1,0	25–35	0,1– 0,2	До 5,0					
							12–15		До 3,0					
							22–30							
III	Сталь коррозионностойкая (нержавеющая) жаростойкая						17–22	0,1– 0,2	До 5,0					
							12–15							
							5–6							
IV	Сталь жаропрочная аустенитная	10°		–5– 0°			3–4	До 3,0						
V	Сплав жаропрочный (деформируемый)	5°	15°											

Примечание. Материалы группы VI, VII и VIII не включены в таблицу, так как их обработка резцами из быстрорежущей стали не рекомендуется.

Таблица 1.7

Геометрические параметры фрез и режимы резания при торцевом фрезеровании

Обрабатываемый материал		Геометрические параметры					Режимы резания		
группа	наименование	γ	α	Φ	Φ'	B/D	$V, \text{м/мин}$	$S_z, \text{мм/зуб}$	$t, \text{мм}$
I	Сталь углеродистая.	10–15°	15°	45–60°	15°	0,5–0,7	25–30	0,15–0,25	3–5
	Сталь легированная						50–60	0,10–0,15	
II	Сталь коррозионностойкая (нержавеющая) высокочротистая	10–15°	15°	45–60°	15°	0,5–0,7	20–25	0,15–0,25	2–5
							25–35	0,10–0,15	
	Сталь коррозионностойкая (нержавеющая) жаростойкая						15–30	0,10–0,20	
	Сталь жаропрочная аустенитная						15–25		
V	Сплав жаропрочный (деформируемый)	10–15°	15°				7–16	0,10–0,20	
VI	Сплав жаропрочный литейный	8–10°	10°				3–5	0,05–0,10	1–2
VII	Сплав на основе титана	10–12°	12°				12–15	0,10–0,15	
		8–10°	10°				8–12	0,10–0,15	
VIII	Сталь высокопрочная						6–8		

Примечания. 1. Меньшие скорости резания следует выбирать при больших подачах и глубинах. 2. Необходимо применять охлаждение эмульсией.

Таблица 1.8

Геометрические параметры фрез и режимы резания при фрезеровании концевыми фрезами

Обрабатываемый материал		Диаметр	Число зубьев	Геометрические параметры			Режимы резания						
группа	наименование	$D, \text{мм}$	z	γ	α	Φ	$V, \text{м/мин}$	$S_z, \text{мм/зуб}$	$t, \text{мм}$	$B, \text{мм}$			
I	Сталь углеродистая. Сталь легированная	16–20	3	10–15°	15°	35°	42–50	0,05–0,10	До 50	До 80			
		20–50	4				35–40	0,15–0,20					
							48–50	0,05–0,10					
							40–45	0,15–0,20					
							33–40	0,20–0,30					

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru